

Abstract DE 42 31 882

A movable antenna device is used to transmit and receive a first electromagnetic radiation. This device is moved along the surface of the material in which the pipe is located. From the first antenna device a first electromagnetic radiation is sent and received and penetrates the material and is reflected from the pipe and/or the fluid which it contains. The signal received from the first antenna device with regard to a fault point through the fluid in the pipe penetrates the surrounding material is evaluated. When a possible fault point is discovered, a second movable antenna device is used to transmit and receive a second electromagnetic radiation which at least partly penetrates the walling of the pipe. The second radiation is reflected on the material surrounding the pipe and is received by the second antenna device. The received signal is evaluated using a vehicle-mounted computer in relation to a faulty walling and the determin. of the exact position of the fault point is effected. USE - To determine position of fault in underground canalisation pipe.



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 42 31 882 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
F 17 D 5/06

②1 Aktenzeichen: P 42 31 882.3
②2 Anmeldetag: 24. 9. 92
④3 Offenlegungstag: 31. 3. 94

DE 42 31 882 A 1

⑦1 Anmelder:
Deutsche Aerospace AG, 80804 München, DE

⑦2 Erfinder:
Fuchs, Ulrich, Dr., 82515 Wolfratshausen, DE; Stock,
Don J.R., Prof. Dr., 89173 Lonsee-Halzhausen, DE;
Trogus, Hubert, Dipl.-Ing., 89275 Eichingen, DE;
Vilhjalmsson, Reynir, Dr., 48155 Münster, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Entdeckung eines fehlerhaften Rohres

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entdeckung eines fehlerhaften Rohres, insbesondere eines fehlerhaften nicht begehbaren Kanalisationsrohres. Dieses wird von außen, durch das Erdreich hindurch, sowie von innen mit Hilfe eines Puls-Basis-Radarverfahrens (außen) sowie eines CWFM-Radarverfahrens (innen) schnell, kostengünstig und zuverlässig überprüft.

DE 42 31 882 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 94 408 013/36

6/37

DE 42 31 882 A1

1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entdeckung eines fehlerhaften Rohres nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung betrifft insbesondere die Entdeckung von Fehlern an sogenannten nicht begehbaren Kanalisationsrohren, z. B. mit einem Innendurchmesser in einem Bereich von 0,2 m bis 1 m. Derartige Rohre sind von innen optisch prüfbar. Dazu wird z. B. eine Film- oder Fernsehkamera durch das zu prüfende Rohr bewegt und damit die Wandung des Rohres auf optisch sichtbare Fehlstellen überprüft. Durch den Ort der Kamera, der z. B. anhand der Länge eines zur elektrischen Versorgung der Kamera abgespulten Kabels bestimmt wird, ist auch der Ort der Fehlstelle feststellbar. Weiterhin kann ein Rohrabschnitt, z. B. einige hundert Meter, dadurch auf Dichtigkeit geprüft werden, daß in dem Rohrabschnitt mit Druckluft ein pneumatischer Überdruck erzeugt und ein anschließender möglicher außergewöhnlicher Druckabfall detektiert wird.

Derartige Verfahren haben insbesondere den Nachteil, daß mögliche Hinterspülungen und/oder Hohlräume in unmittelbarer Nähe des Rohres nicht feststellbar sind. Derartige Fehler können zu einem Rohrbruch führen, der einen großen Schaden verursacht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren anzugeben, mit welchem in kostengünstiger und zuverlässiger Weise schon vorhandene und wahrscheinlich auftretende Fehlstellen detektiert werden können und mit welchem der Umfang eines bereits aufgetretenen Schadens festgestellt werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Beispiels näher erläutert. Dabei wird angenommen, daß ein Teil des sogenannten nicht begehbaren Kanalisationsnetzes, insbesondere Kanalisationsrohre, mit einem Innendurchmesser von 0,2 m bis 1 m, überprüft werden soll. Derartige Rohre haben im allgemeinen eine Wandung aus gebranntem Ton oder Keramik oder Beton und befinden sich im Erdreich in einem Tiefenbereich von ungefähr 2 m bis 8 m unterhalb von durch Kraftfahrzeugen befahrenen Straßen oder Wegen.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß derartige Materialien mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung detektiert- und unterscheidbar sind, da die Materialien unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten besitzen.

Die Überprüfung solcher Rohre erfolgt nun vorteilhafterweise dadurch, daß zunächst eine erste Antennenanordnung, bestehend aus einer Sende- und einer Empfangsantenne, für eine erste elektromagnetische Strahlung mit einer Frequenz aus einem Frequenzbereich von ungefähr 50 MHz bis 300 MHz, verwendet wird. Dabei wird die Frequenz in Abhängigkeit von der Art des Erdreiches (Sand, Kies usw.) sowie der Art des Straßen- und/oder Wegebelauges gewählt und ist z. B. experimentell bestimmbar. Die Sende- und Empfangsantennen haben an sich bekannte Bauformen, z. B. Monopole, Dipole oder logarithmisch periodische Gestalt und sind auf die verwendete Frequenz abgestimmt.

Eine solche erste Antennenanordnung wird nun möglichst dicht, z. B. in einem Abstand von ungefähr 0,05 m, oberhalb der Straßen- oder Wegoberfläche bewegt. Dazu wird die erste Antennenanordnung vorteilhafterwei-

2

se an einer beweglichen Halterung befestigt, die wiederum an einem möglichst geländegängigen Kraftfahrzeug befestigt ist. Das Kraftfahrzeug bewegt sich nun langsam, z. B. mit einer Geschwindigkeit größer 0,12 km/h, in Längsrichtung über das zu prüfende Rohr, dessen ungefähre Lage im allgemeinen bekannt ist, z. B. aus einem sogenannten Kanalisationskataster. Während dieser Längsbewegung wird nun die erste Antennenanordnung senkrecht dazu, parallel zur Erdoberfläche bewegt mit Hilfe der beweglichen Halterung. Diese horizontale Bewegung beträgt z. B. ± 1 m, so daß dabei die Breite des Kraftfahrzeugs allenfalls geringfügig überschritten wird. Während dieser mechanischen Bewegung wird nun die erwähnte erste elektromagnetische Strahlung von der Sendeantenne fortlaufend in das Erdreich gesandt und zwar vorteilhafterweise in einer Art, die auch bei einem Puls-Basis-Radar verwendet wird. Es werden z. B. sogenannte Monocycle-Pulse mit einem Abtastintervall von 400 ps, einer Puls-Spitzenleistung von 200 W sowie einer variablen maximalen Puls-Wiederholfrequenz von maximal 500 kHz ausgesandt. Diese Pulse werden nun zum Teil von dem über dem Rohr liegenden Erdreich reflektiert, aber insbesondere von dem zu überprüfenden Rohr. Besitzt dieses nun eine Fehlstelle, z. B. eine Undichtigkeit, so tritt aus dieser Flüssigkeit, z. B. im wesentlichen Wasser, aus und bewirkt eine überdurchschnittliche Befeuchtung des die Fehlstelle umgebenden Erdreiches (Materials) oder sogar eine sogenannte Hinterspülung, die zu einem Hohlraum an der Fehlstelle führen kann. Dadurch wird in dem Erdreich eine Änderung der elektrischen Leitfähigkeit verursacht. Diese bewirkt eine Änderung des Reflexionsfaktors für die Pulse, so daß derartige Fehlstellen erkannt und detektiert werden können und zwar mit einer räumlichen Auflösung von ungefähr 0,3 m bis 0,5 m. Diese Detektion erfolgt dadurch, daß die an dem Rohr und/oder einer Fehlstelle (nassem Erdreich oder Hohlraum) reflektierten Pulse von der Empfangsantenne empfangen und vorteilhafterweise sofort, d. h. ohne Speicherung ("on line"), ausgewertet werden. Diese Auswertung erfolgt mit aus der Radartechnik an sich bekannten Technologien und vorteilhafterweise mit Hilfe einer digital arbeitenden Datenverarbeitungsanlage, z. B. einer sogenannten Workstation oder einem Personal Computer (PC), die in dem Kraftfahrzeug installiert ist. Mit dieser On-Line-Auswertung ist es z. B. möglich, das Kraftfahrzeug genau oberhalb des Rohres zu führen und/oder eine Fehlstelle mehrmals abzutasten. Mit einer solchen Datenverarbeitungsanlage und einem daran angeschlossenen Datensichtgerät (Monitor) sind verschiedene Darstellungsarten möglich. Besonders vorteilhaft ist eine zwei- oder dreidimensionale Darstellung des abgetasteten Rohres und/oder des dieses umgebenden Erdreiches (Materials), denn diese Darstellungsart ist einfach verständlich insbesondere für eine geologisch nicht vorgebildete Person, z. B. einen Tiefbauarbeiter.

Die Ortsbestimmung eines derart ermittelten Rohres, Rohrnetzes und/oder einer Fehlstelle kann mit Hilfe verschiedener an sich bekannter geodätischer Verfahren erfolgen. Besonders vorteilhaft ist das differentielle Satellitennavigationsverfahren DGPS ("differential global positioning system"), da dieses eine räumliche Auflösung von ungefähr 0,1 m und eine Anschlußmöglichkeit an die bereits erwähnte Datenverarbeitungsanlage des Kraftfahrzeuges ermöglicht.

Mit dem beschriebenen Verfahren ist eine schnelle und kostengünstige Überprüfung eines Kanalisationsnetzes möglich. Wurde dabei mindestens eine Fehlstelle

DE 42 31 882 A1

3

oder eine möglicherweise vorhandene Fehlstelle entdeckt, so ist es zweckmäßig, den entsprechenden Rohrabschnitt genauer zu untersuchen. Dazu wird bei einem sogenannten Kontrollschacht, welcher der Fehlstelle am nächsten liegt, ein sogenannter Fahrwagen, der auch Molch genannt wird, in das zu überprüfende Rohr gesetzt und in Richtung der Fehlstelle bewegt, z. B. mit Hilfe eines Elektroantriebs über ein elektrisches Kabel, das mit dem Kraftfahrzeug verbunden ist. Der Ort des Molches innerhalb des Rohres ist dann mit Hilfe der abgespulten Kabellänge bestimmbar. Der Fahrwagen (Molch) besitzt an seinem vorderen Ende eine zweite Antennenanordnung, bestehend aus einer Sende- und einer Empfangsantenne, für eine zweite elektromagnetische Strahlung, z. B. für eine Frequenz aus einem Frequenzbereich von 2 GHz bis 4 GHz. Diese zweite Antennenanordnung wird vorteilhafterweise durch ein Radom gegen störende Umwelteinflüsse, z. B. Feuchtigkeit, geschützt. Die zweite Antennenanordnung kann um eine zur Längsachse des Rohres im wesentlichen parallele Achse rotieren. Es ist vorteilhaft, diese zweite Antennenanordnung mit einem aus der Radartechnik an sich bekannten kontinuierlichen Frequenzmodulationsverfahren, das in der englischsprachigen Literatur auch CWFM ("continuous wave frequency modulation")-Verfahren genannt wird, zu betreiben. Dieses CWFM-Verfahren arbeitet in dem erwähnten Frequenzbereich z. B. mit einer Rampendauer von 12,8 ms, einer Sendeleistung von 30 mW sowie einer Abtastfrequenz von 7 kHz. Damit ist eine sehr genaue und vielseitige Untersuchung der Wandung des Rohres sowie des das Rohr umgebenden Erdreiches in einem Bereich bis zu ungefähr 1 m möglich. Es ist z. B. möglich, optisch nicht sichtbare Fehlstellen, z. B. eine poröse Stelle, eine an der Rohraußenwand vorhandene Korrosionsstelle sowie eine Hinterspülung oder einen Hohlraum, bezüglich der Art sowie des Ortes genau, z. B. mit einer Auflösung von einigen Zentimetern, zu bestimmen. Es ist vorteilhaft, die Auswertung der von der Empfangsantenne empfangenen Signale mit einem aus der Radartechnik bekannten Verfahren und mit Hilfe der erwähnten Datenverarbeitungsanlage vorzunehmen und die Fehlstelle ebenfalls in räumlich zwei- oder dreidimensionaler Form darzustellen.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar. Beispielsweise ist es möglich, bei der ersten Antennenanordnung lediglich eine bewegte Sendeantenne und eine oder mehrere räumlich davon getrennte Empfangsantennen zu verwenden. Mit solchen Anordnungen sind auch schwierige Rohrabschnitte, z. B. Abzweigungen, Kreuzungen, Absperrventile, überprüf- und darstellbar.

Weiterhin ist es möglich, die zweite Antennenanordnung als durch eine Person tragbare Anordnung auszubilden. Dann ist z. B. eine Überprüfung der Wandung eines begehbaren (Kanalisations-) Rohres möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entdeckung eines fehlerhaften Rohres, insbesondere eines Kanalisationsrohres, das optisch nicht sichtbar in einem das Rohr umgebenden optisch absorbierenden Material verlegt ist und das eine Flüssigkeit enthält, dadurch gekennzeichnet,

— daß eine erste bewegliche Antennenanordnung zum Senden und Empfangen einer ersten

4

elektromagnetischen Strahlung verwendet wird,

— daß die erste Antennenanordnung an der Oberfläche des Materials entlanggeführt wird,

— daß von der ersten Antennenanordnung eine erste elektromagnetische Strahlung, welche das Material zumindest teilweise durchdringt und welche von dem Rohr und/oder der Flüssigkeit reflektiert wird, ausgesandt und empfangen wird,

— daß das von der ersten Antennenanordnung empfangene Signal bezüglich einer Fehlerstelle, bei der Flüssigkeit aus dem Rohr in das dieses umgebende Material eingedrungen ist, ausgewertet wird,

— daß bei einer entdeckten möglichen Fehlerstelle in das Rohr eine zweite bewegliche Antennenanordnung zum Senden und Empfangen einer zweiten elektromagnetischen Strahlung eingeführt wird,

— daß von der zweiten Antennenanordnung eine zweite elektromagnetische Strahlung, welche die Wandung des Rohres zumindest teilweise durchdringt, verwendet wird,

— daß die zweite elektromagnetische Strahlung an dem das Rohr umgebenden Material reflektiert und von der zweiten Antennenanordnung empfangen wird,

— daß das empfangene Signal bezüglich einer fehlerhaften Wandung ausgewertet wird,

— daß eine Ortsbestimmung der zweiten Antennenanordnung erfolgt und

— daß aus der Ortsbestimmung die genaue Lage der Fehlerstelle ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste elektromagnetische Strahlung in gepulster Form in einem Frequenzbereich von ungefähr 50 MHz bis ungefähr 300 MHz ausgesandt und empfangen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite elektromagnetische Strahlung kontinuierlich in einem Frequenzbereich von ungefähr 2 GHz bis ungefähr 4 GHz ausgesandt und empfangen wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung der von der ersten und/oder der zweiten Antennenanordnung empfangenen Signale und der Ort von mindestens einer Antenne korreliert werden und daß die Auswertung in einem Zeitraum erfolgt, in dem mindestens eine Antenne an einem vorgebbaren Ort vorhanden ist.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung mit Hilfe einer digital arbeitenden Datenverarbeitungsanlage erfolgt und daß zumindest eine Fehlerstelle in zumindest räumlich zweidimensionaler Form auf einem Datensichtgerät dargestellt wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein nicht begehbare Kanalisationsrohr auf eine mögliche Fehlerstelle überprüft wird.